

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

**ГЕОФИЗИКА
GEOPHYSICS**

Научная статья

УДК 624.131.7

DOI: 10.26730/1999-4125-2025-4-5-17

**КОРРЕКТИРОВКА НЕРАВНОМЕРНОЙ ОСАДКИ ФУНДАМЕНТА ШАХТНОЙ
ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ****Власов Максим Алексеевич^{1*}, Герасимов Олег Васильевич²,
Простов Сергей Михайлович¹**¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева²ООО «Нooцентр»

* для корреспонденции: maxsdss@mail.ru

Аннотация.

Изложены результаты управления перемещениями двух фундаментных плит противопожарной ляды и вентилятора главного проветривания горнотехнического сооружения. Из-за наличия слабого несущего слоя из насыпного грунта и угля основания фундаментной плиты противопожарной ляды возникали неравномерные повышенные осадки, что привело к возникновению крена сооружения. Была разработана методика закачки цементно-песчаного раствора для предотвращения разности осадок фундамента. По результатам контроля качества выполняемых работ представлен график изменения осадок по двум точкам геодезических замеров. Фундаментная плита вентилятора главного проветривания расположена на неоднородном грунтовом основании, что также способствует возникновению деформаций и неравномерной осадке, кроме того, наличие массивного оборудования способствует увеличению краевого давления на краях фундаментной плиты. На основании проведенного анализа было предложено произвести закрепление грунтового основания по краям фундаментной плиты и снаружи сооружения. Для оценки эффективности осуществления закрепления выполнено геомеханическое моделирование. Приведены планы объектов геодезического мониторинга до и после закрепления для обеих фундаментных плит и расчетные схемы соответствующих объемных геомеханических моделей. Расхождения значений перемещений, полученных методами геодезического мониторинга фундамента противопожарной ляды и геомеханических расчетов, выполненных в программном комплексе Plaxis 3D, составили для естественного состояния основания 0-33%, для закрепленного основания – 3-50%, при сравнении значений для 8 реперов – 13,26%. Для основания вентилятора главного проветривания соответствующие расхождения составили 1-9% и 0-13% при среднем значении для 9 реперов – 3,64%. Благодаря разработанной методике управления свойствами грунтового основания удалось стабилизировать значения перемещений фундамента и предотвратить крен фундаментной плиты противопожарной ляды. Кроме того, за счет закрепления фундаментной плиты вентилятора главного проветривания удалось снизить давления на краях плиты и стабилизировать значения перемещений.

**Информация о статье**

Поступила:

07 декабря 2024 г.

Одобрена после

рецензирования:

22 апреля 2025 г.

Принята к публикации:

30 июня 2025 г.

Опубликована:

28 августа 2025 г.

Ключевые слова:

компьютерное моделирование,
горнотехническое
сооружение, прогноз,
перемещение, закрепление
грунтов, точность расчета.

Для цитирования: Власов М.А., Герасимов О.В., Простов С.М. Корректировка неравномерной осадки фундамента шахтной вентиляционной установки // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 4 (170). С. 5-17. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-4-5-17, EDN: IEIYQV

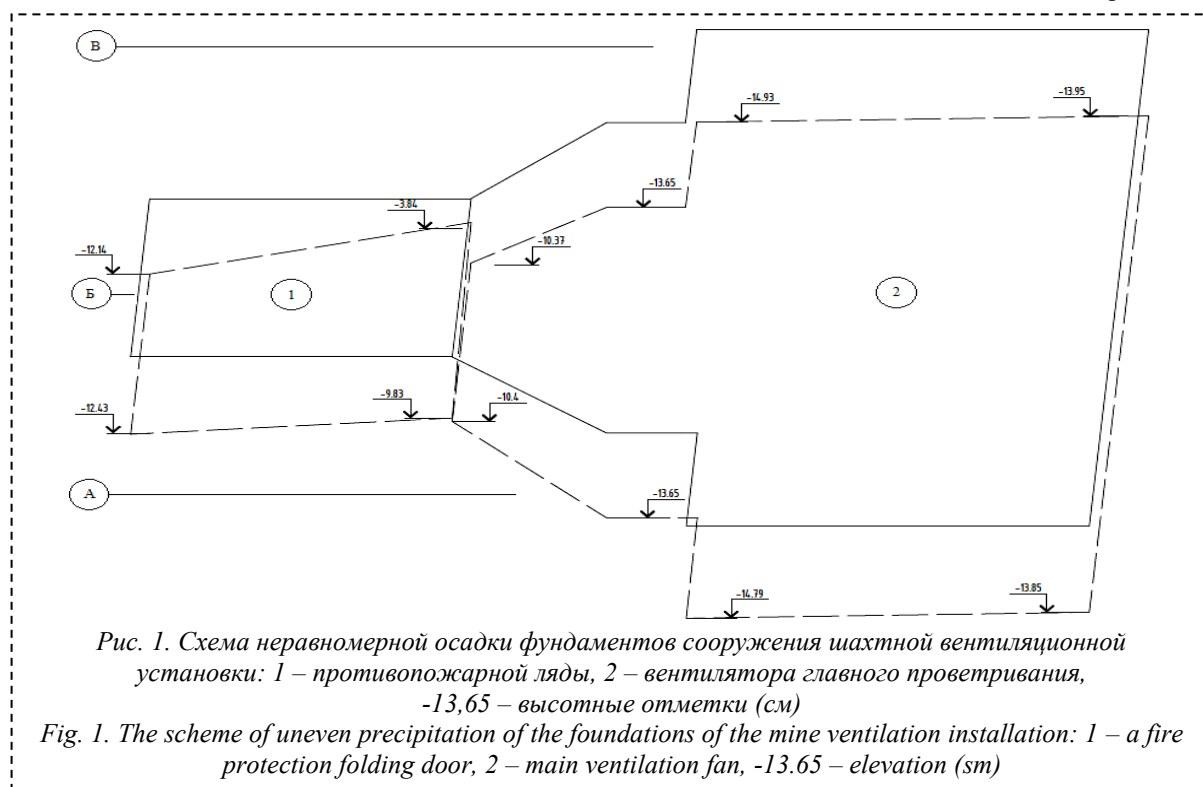
Введение

Крен и увеличение краевого давления фундаментных плит – это важный аспект проектирования и строительства, который напрямую влияет на устойчивость и долговечность сооружения. Неправильное распределение нагрузки, недостаточная детализация расчетов могут привести к деформациям конструкций, в результате чего сооружение оказывается под угрозой разрушения. Этот процесс, вызванный неравномерным оседанием грунта, приводит к изменению перемещения фундаментных плит относительно горизонтальной плоскости. Основные причины возникновения деформаций могут включать в себя неравномерное оседание грунта, недостаточную жесткость основания или материальные дефекты самой плиты. При проектировании необходимо учитывать все возможные факторы, включая тип грунта, уровень грунтовых вод, сейсмическую активность, климатические условия и жесткость сооружения.

Для мониторинга состояния фундамента применяются комплексные геотехнические методы, включающие геодезические, инженерно-геологические и геофизические исследования. Геодезический мониторинг является одним из важнейших инструментов контроля для обеспечения надежности и безопасности зданий

и сооружений [1-4]. Он включает в себя наблюдение за деформациями объектов, что позволяет оперативно выявлять потенциальные угрозы и предотвращать аварийные ситуации. Данные геодезического мониторинга при строительстве помогают не только определить текущее состояние объектов, но и прогнозировать их поведение в будущем. Такой подход способствует более грамотному управлению строительными проектами, позволяя оптимизировать затраты и сроки введения объекта в эксплуатацию.

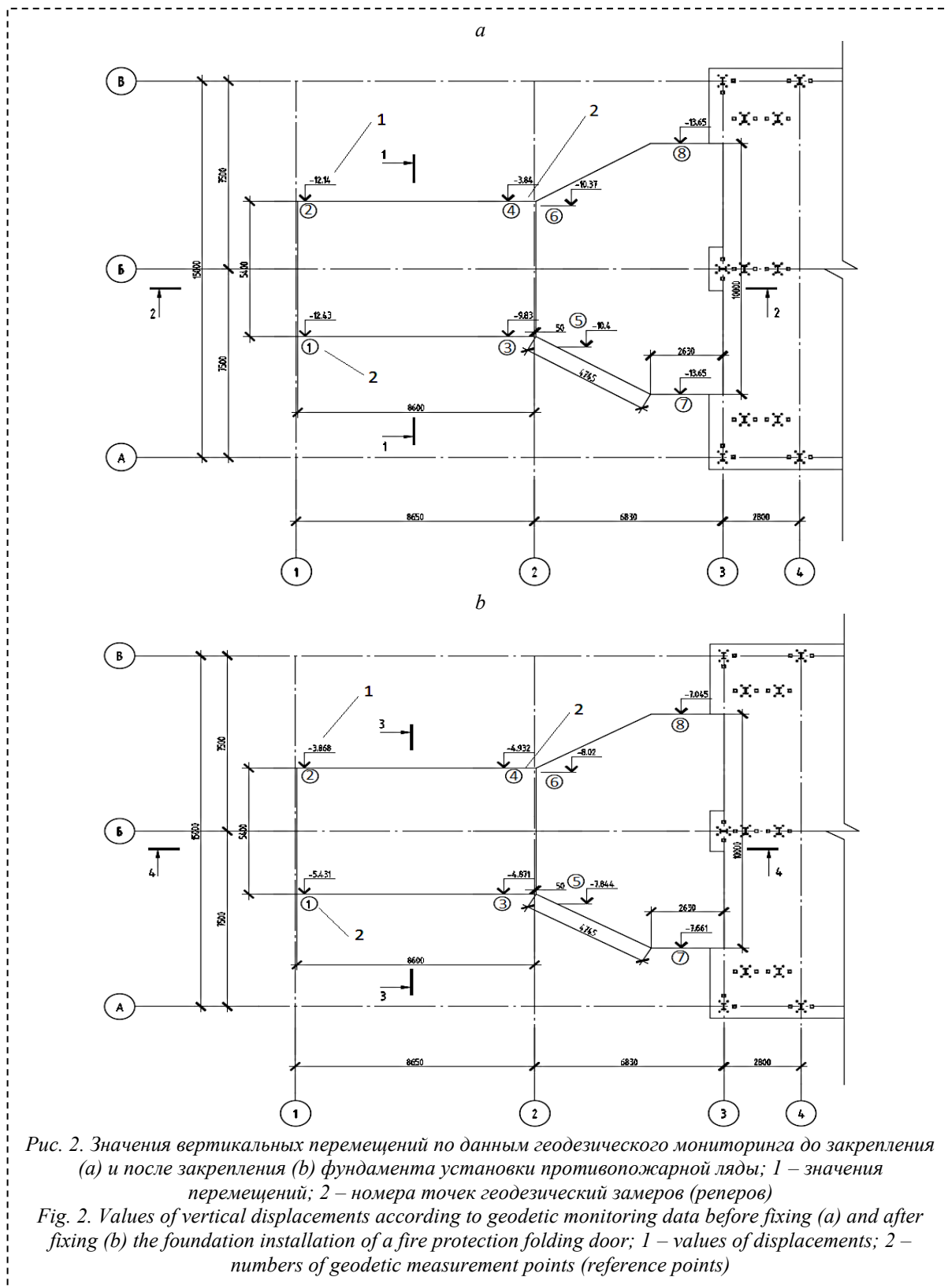
При инъецировании грунтов в режиме гидроразрыва ведут геодезический мониторинг, что позволяет обеспечить контроль качества проведенных работ [5, 6]. Геодезические измерения играют ключевую роль в контрольных процедурах, обеспечивая непрерывное наблюдение за изменениями в грунтах и конструкциях, которые могут возникнуть под воздействием различных факторов, таких как движение грунтов, колебания температуры и влажности, а также механическое воздействие в процессе инъекции [7-10]. С помощью высокоточных приборов и программного обеспечения специалисты проводят регулярные замеры, фиксируя любые отклонения от проектных показателей. Это позволяет не только предотвратить возможные негативные последствия, но и вносить своевременные



корректировки в технологический процесс инъекции, если это необходимо. Основные параметры, подлежащие контролю, включают вертикальные и горизонтальные перемещения, а также деформации строений и сооружений в зоне воздействия инъекции.

Геодезический мониторинг способствует повышению надежности и безопасности

строительных объектов, что особенно важно в условиях современного строительства [11, 12]. Таким образом, внедрение комплексных мероприятий по мониторингу становится неотъемлемой частью успешной реализации проектов, обеспечивая долгосрочные гарантии по его эксплуатации. Вместе с тем геодезические измерения достаточно трудоемки. Весьма



перспективным представляется оценка возможности прогнозирования оседания фундаментов сооружений методом объемного геомеханического моделирования.

Целью данной работы является стабилизация

перемещений двух фундаментных плит противопожарной ляды и вентилятора главного проветривания горнотехнического сооружения методом контролируемого укрепления грунтового основания напорной инъекцией

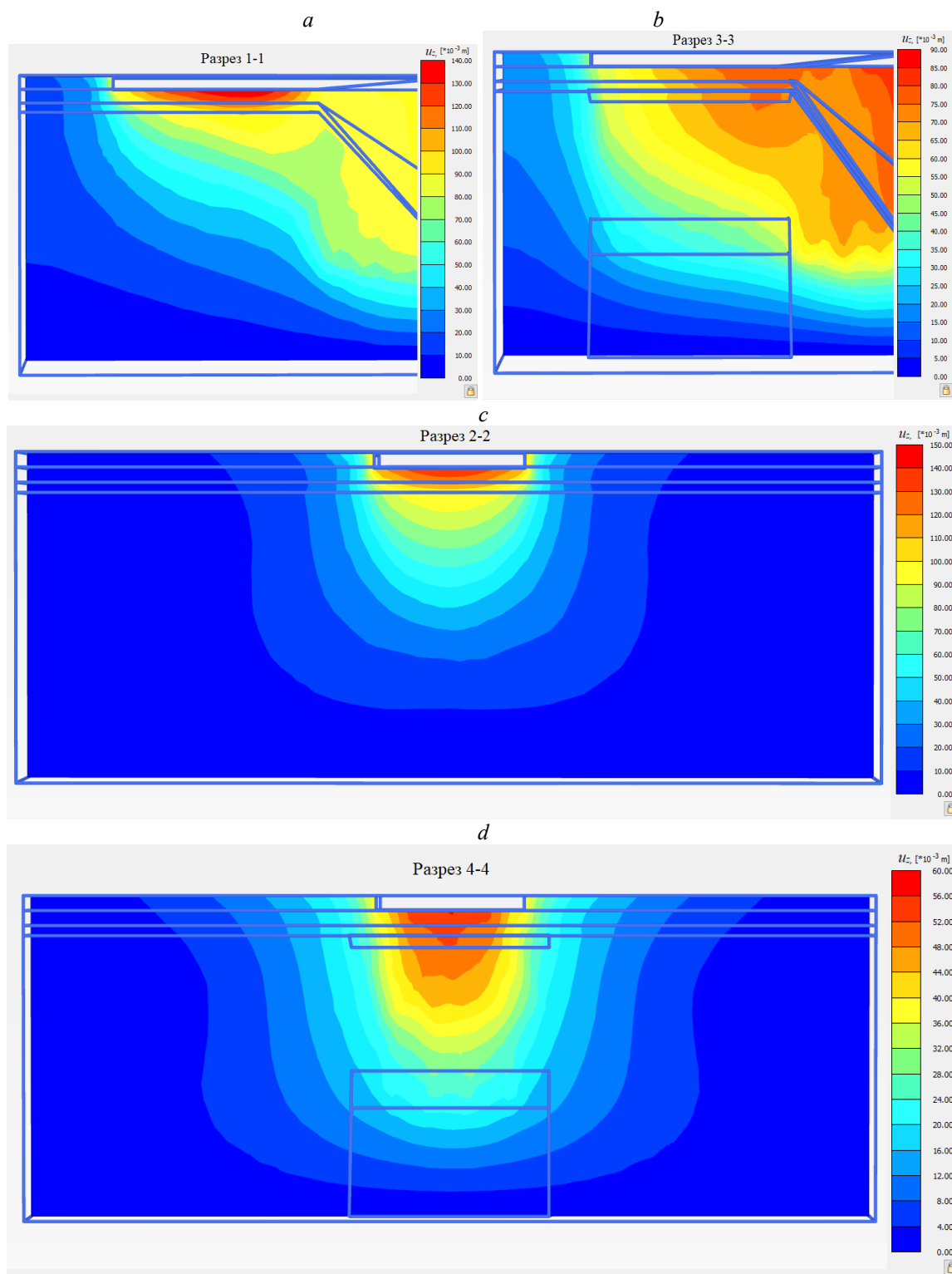


Рис. 3. Распределение вертикальных перемещений в естественном грунтовом массиве (a, c) (сечения 1-1, 2-2) и при закреплении (b, d) (сечения 3-3, 4-4) в Plaxis 3D основания фундамента установки противопожарной ляды

Fig. 3. Distribution of vertical displacements in the natural soil mass (a, c) (sections 1-1, 2-2) and when fixing (b, d) (sections 3-3, 4-4) in Plaxis 3D of the foundation of a fire protection folding door

цементно-песчаного раствора.

Методы исследования.

Площадка изысканий расположена в Кемеровской области – Кузбассе, в Прокопьевском муниципальном округе, исполнителем работ является «Шахтоуправление «Талдинское – Кыргайское» (название угледобывающего предприятия является конфиденциальной информацией).

Согласно данным геодезического мониторинга, включающего установку противопожарной ляды и вентилятора главного проветривания, данное сооружение находится в аварийном состоянии (Рис. 1). Неравномерные деформации фундаментной плиты установки противопожарной ляды связаны со слабым, неоднородным по строению основанием, что привело к возникновению крена фундамента. Существенные неравномерные оседания фундаментной плиты вентилятора главного проветривания способствуют возникновению деформаций и неоднородной осадке. Наличие массивного оборудования способствует увеличению давления на краях фундаментной плиты.

Для предотвращения перемещений фундаментных плит были разработаны

мероприятия по закреплению грунтового основания методом инъектирования в режиме гидроразрыва, описанные в работах [13-15].

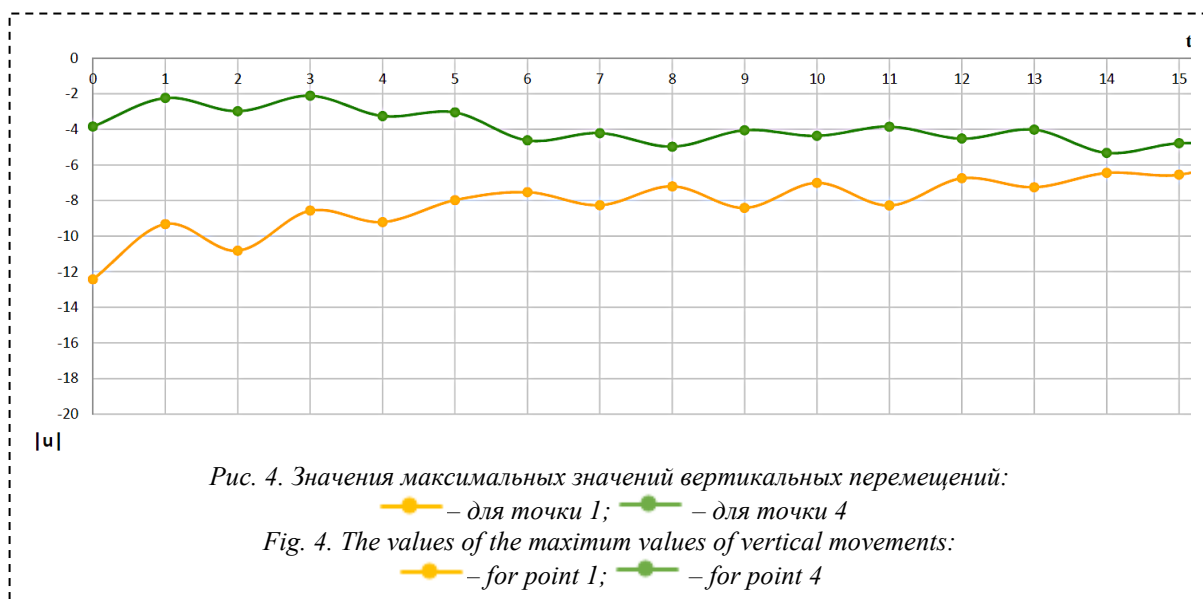
Фундаментная плита установки противопожарной ляды характерна тем, что вертикальные перемещения по оси 1/А-В составляли 12,14 см, а по оси 2/Б-В 5,84 см, т. е. возникал крен фундамента. Была поставлена задача отрегулировать вертикальные перемещения и предотвратить разность осадок. Для этого была разработана методика закачки цементно-песчаного раствора для закрепления грунтового основания [16-20].

На основе полученных данных маркшейдерского и компьютерного геомеханического мониторинга проводилась корректировка объемов и давления закачиваемого раствора, что позволило оптимизировать процесс распределения нагрузки на грунт и обеспечить устойчивость конструкций. В результате геодезического мониторинга были выявлены участки с повышенной деформацией. Все изменения фиксировались в специальном журнале, что позволяло отслеживать динамику и проводить анализ в режиме реального времени. Параллельно с этим велась постоянная

Таблица 1. Сравнение значений перемещений

Table 1. Values of integral indicators

Номер репера		Естественное основание $ u $, см	Расхождение δ , %	Закрепление $ u_z $, см	Расхождение δ , %
1	Геодезический мониторинг	12,43	1,85	5,431	4,43
	<i>Plaxis 3D</i>	12,66		5,672	
2	Геодезический мониторинг	12,14	3,05	3,868	36,01
	<i>Plaxis 3D</i>	12,51		5,261	
3	Геодезический мониторинг	9,83	33,26	4,871	43,21
	<i>Plaxis 3D</i>	13,1		6,976	
4	Геодезический мониторинг	5,84	124,66	4,932	50,54
	<i>Plaxis 3D</i>	13,12		7,425	
5	Геодезический мониторинг	10,4	2,4	7,844	4,89
	<i>Plaxis 3D</i>	10,65		8,228	
6	Геодезический мониторинг	10,37	0,09	8	2,93
	<i>Plaxis 3D</i>	10,36		8,235	
7	Геодезический мониторинг	13,65	0,73	8,661	3,17
	<i>Plaxis 3D</i>	13,75		8,386	
8	Геодезический мониторинг	13,65	0,88	9,045	11,47
	<i>Plaxis 3D</i>	13,77		8,007	
Сравнение по всем замерам					$\delta_{cp}=13,26\%$



корректировка проекта в программном комплексе *Plaxis 3D* с целью более точно моделировать геомеханические процессы и предсказать поведение фундаментной плиты.

Результаты.

Для точек 1 и 4 нагнетание велось с постоянным регулированием давления раствора в режиме гидроразрыва (Рис. 2). Так, если для точки 1 вертикальные перемещения возрастали, то на 4 точке перемещения, наоборот, уменьшались. Геодезический мониторинг велся ежедневно в течение 16 суток.

Благодаря ежедневному отслеживанию результатов закрепления грунтового основания удалось минимизировать крен между точками 1 и 4 и свести значения вертикальных перемещений к минимуму. Для точки 1 перемещения составили 5,431 см, для точки 4 – 4,932 см.

По результатам геомеханического моделирования получены значения вертикальных перемещений u_z при естественном и закрепленном грунтовом основании продольного и поперечного сечений в осях 1-3/А-В (Рис. 3).

Из рисунков видно, что значения перемещений при закреплении по значениям уменьшились по сравнению с перемещениями при естественном основании. Основная концентрация вертикальных перемещений u_z происходит под подошвой фундамента.

Поля изолиний u_z при закреплении перераспределяются за счет изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового основания. В результате уплотнения и укрепления грунтов деформационные характеристики основания становятся более высокими, что приводит к перераспределению нагрузки по поверхности и внутри конструкции. Упругие свойства закрепленных грунтов позволяют им лучше реагировать на воздействие

внешних факторов, таких как вертикальные и горизонтальные нагрузки. В процессе перераспределения нагрузки возникшие деформации ведут к изменению НДС, что дополнительно влияет на характеристики распределения напряжений в грунте. Важно отметить, что эти процессы являются взаимосвязанными, и тщательный анализ позволит более точно предсказать поведение оснований в условиях закрепления, обеспечивая надежность конструкций и безопасность эксплуатации.

Сравнение результатов геодезического мониторинга вертикальных перемещений и полученных данных с геомеханической модели представлено в Таблице 1.

При производстве работ на строительной площадке выяснилось, что в точке 4 на небольшом участке значения перемещений минимальны, и в связи с этим произошло отклонение значений вертикальных перемещений фундамента относительно других реперов. Из-за этого при учете сравнения по всем реперам в Таблице 1 не учитывалось значение репера при естественном основании.

На Рис. 4 представлен график изменения значений вертикальных перемещений для точек 1 и 4 в течение 16 суток.

Таким образом, в результате выполненных работ различие оседаний ключевых точек фундамента 1 и 4 было сведено к минимуму.

Фундаментная плита на свайном основании вентилятора главного проветривания характерна тем, что вертикальные перемещения u_z по осям 4-5/А-В были максимальны на краях плиты на точках 4 – 16,88 см и 6 – 16,58 см. В центре по оси 4-5/Б значения перемещений на точке 5 составляли 13,85 см, что вело к увеличению краевого давления на краях фундаментной плиты. Была поставлена задача отрегулировать вертикальные перемещения, предотвратить

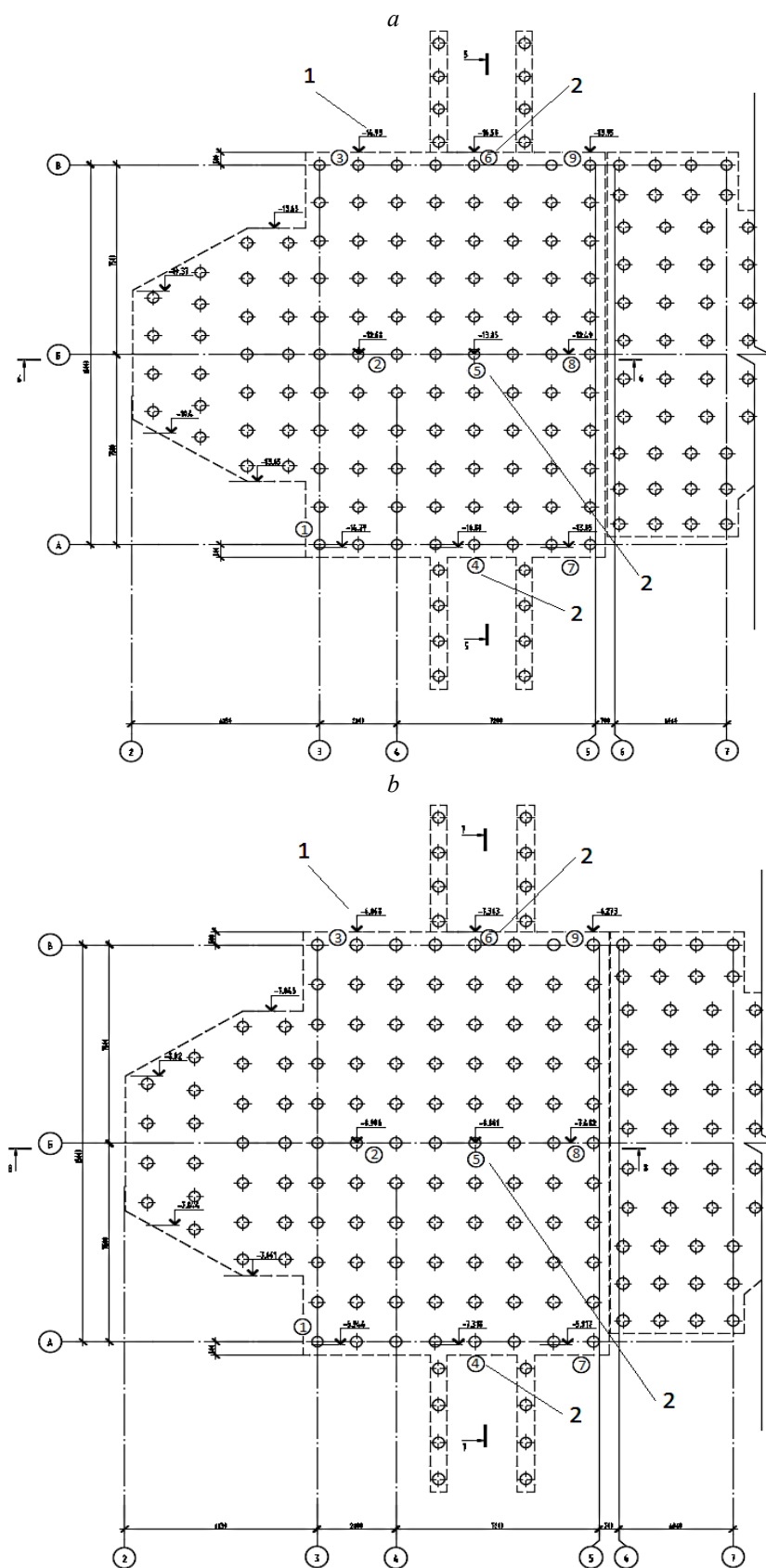


Рис. 5. Значения вертикальных перемещений по данным геодезического мониторинга до закрепления (а) и после закрепления (б) фундамента вентилятора главного проветривания; 1 – значения перемещений; 2 – номера точек геодезический замеров (реперов)

Fig. 5. Values of vertical displacements according to geodetic monitoring data before fixing (a) and after fixing (b) the foundation of the main ventilation fan; 1 – values of displacements; 2 – numbers of geodetic measurement points (reference points)

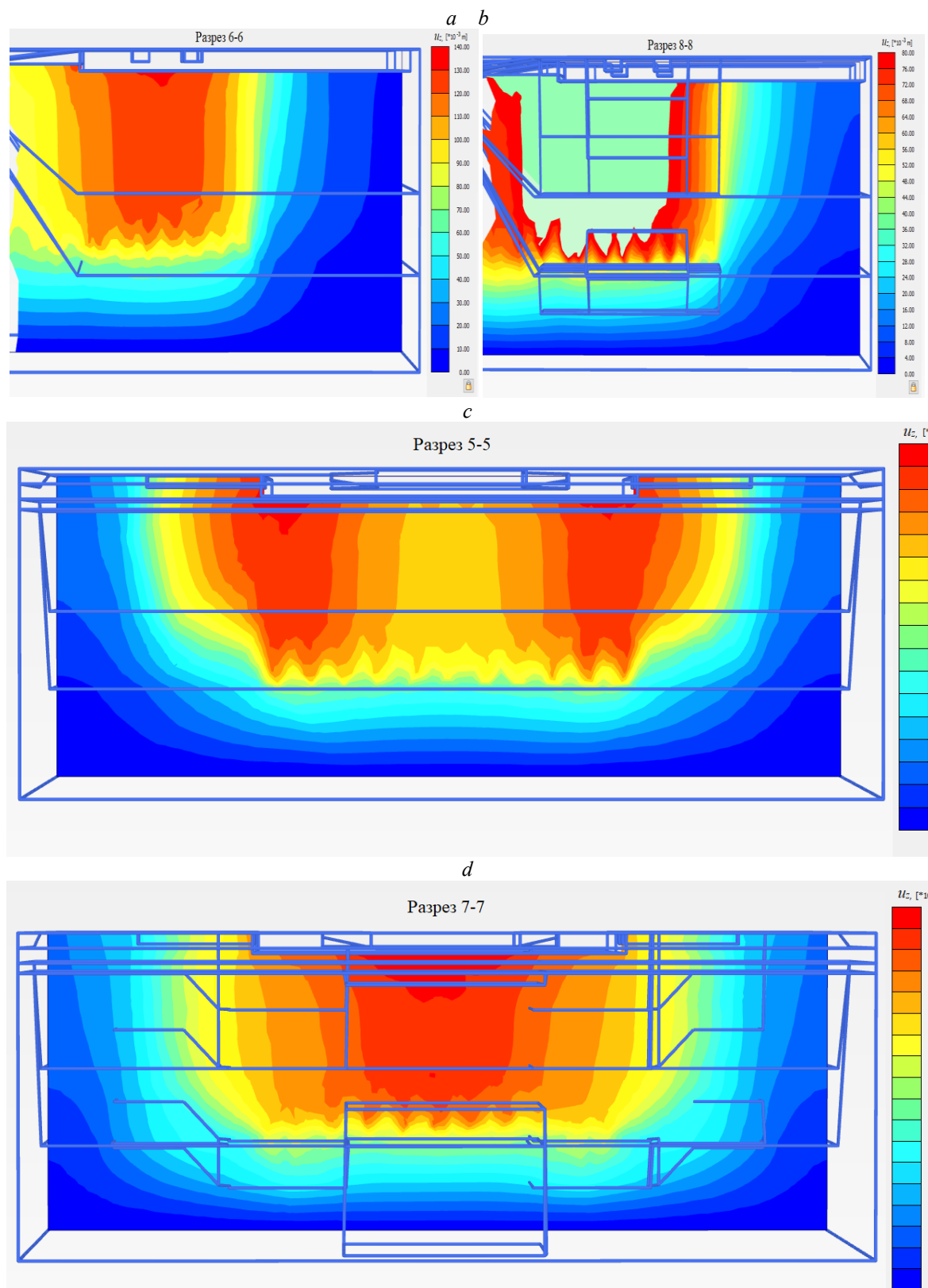


Рис. 6. Распределение вертикальных перемещений в естественном грунтовом массиве (а, с) (сечений 5-5, 6-6) и при закреплении (b, d) (сечений 7-7, 8-8) в Plaxis 3D основания фундамента вентилятора главного проветривания

Fig. 6. Distribution of vertical displacements in the natural soil mass (a, c) (sections 5-5, 6-6) and when fixing (b, d) (sections 7-7, 8-8) in Plaxis 3D of the foundation the main ventilation fan

Таблица 2. Сравнение значений перемещений
Table 2. Values of integral indicators

Table 2. Values of integral indicators					
Номер репера		Естественное основание $ u $, см	Расхождение δ , %	Закрепление $ u_z $, см	Расхождение δ , %
1	Геодезический мониторинг	14,79	1,62	5,944	12,95
	Plaxis 3D	15,03		6,714	
2	Геодезический мониторинг	12,68	4,88	8,906	0,48
	Plaxis 3D	12,06		8,863	
3	Геодезический мониторинг	14,93	8,1	6,068	8,83
	Plaxis 3D	13,72		6,604	
4	Геодезический мониторинг	16,88	1,89	7,318	2,48
	Plaxis 3D	16,56		7,5	
5	Геодезический мониторинг	13,85	4,54	8,861	1,32
	Plaxis 3D	13,22		8,978	
6	Геодезический мониторинг	16,58	1,32	7,363	0,02
	Plaxis 3D	16,8		7,365	
7	Геодезический мониторинг	13,85	2,59	5,917	0,82
	Plaxis 3D	14,21		5,966	
8	Геодезический мониторинг	12,49	5,92	7,482	0,36
	Plaxis 3D	11,75		7,455	
9	Геодезический мониторинг	13,95	1,86	6,273	5,49
	Plaxis 3D	14,21		5,928	
Сравнение по всем замерам					$\delta_{\text{ср}}=3,64\%$

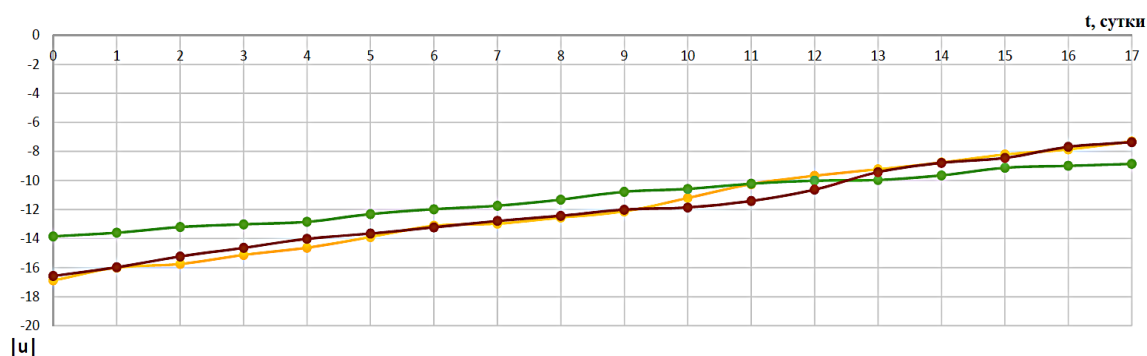


Рис. 7. Значения максимальных значений вертикальных перемещений:

— для точки 4; — для точки 5; — для точки 6

Fig. 7. The values of the maximum values of vertical movements:

— for point 4; — for point 5; — for point 6

разность осадок конструкции и уменьшить краевые давления на краях фундаментной плиты. Для решения поставленной задачи был разработан специальный проект закачки цементно-песчаного раствора.

Для точек 4, 5, 6 нагнетание велось с постоянным регулированием расхода и давления

раствора в режиме гидроразрыва (Рис. 5). Так, для точки 4 и 6 объем цементно-песчаного раствора был максимальным, а в точке 5 – минимальным.

Благодаря ежедневному управлению режимом закрепления грунтового основания удалось уменьшить значения вертикальных

перемещений и уменьшить краевые давления на краях плиты. Для точки 4 перемещения составили 7,318 см, для точки 5 – 8,861 см, точки 6 – 7,363 см.

Аналогично установке противопожарной ляды велась постоянная корректировка проекта по закреплению основания вентилятора главного проветривания в программном комплексе *Plaxis 3D*. В результате геомеханического моделирования были получены значения вертикальных перемещений u_z , которые были детализированы как для естественного, так и для закрепленного грунтового основания. Эти результаты, представленные на Рис. 6, позволяют проводить дальнейшие анализы с целью прогноза устойчивости и безопасности сооружения при различных внешних нагрузках. Данные, полученные в процессе моделирования, показали, что применение дополнительных мер по укреплению грунтового основания имеет положительное влияние на снижение деформаций фундаментной плиты.

Из анализа представленных результатов следует, что значения вертикальных перемещений u_z при закреплении грунтового основания значительно снизились по сравнению с перемещениями, наблюдаемыми на естественном основании. Это свидетельствует о положительном влиянии закрепления на устойчивость конструкции, что, в свою очередь, способствует повышению ее надежности.

Сравнение результатов геодезического мониторинга в сочетании с данными, полученными из геомеханической модели, наглядно демонстрируют изменения вертикальных перемещений (Таблица 2).

Ниже представлен график изменения значений вертикальных перемещений для точек 4, 5, 6 в течение 17 суток (Рис. 7).

Таким образом, выполненные работы способствовали снижению средних значений вертикальных перемещений в ключевых точках фундамента более чем в 2 раза (с 16,2 см до 7,9 см).

Выводы

1. Комплексный мониторинг эффективности закрепления основания фундамента шахтной вентиляционной установки показал, что расхождения значений перемещений, полученных методом геодезического мониторинга и геомеханических расчетов, выполненных в программном комплексе *Plaxis 3D*, составили: для плитного фундамента противопожарной ляды в естественном состоянии основания 10-25%, в закрепленном состоянии 3-50% при среднем значении для 8 реперов 12,71%; для свайно-плитного фундамента вентилятора главного проветривания – соответственно 1-9 и 0-13% при среднем значении для 9 реперов 3, 64%.

2. Применение метода управления закрепления грунтов основания сооружения с непрерывным регулированием расхода и давления цементно-песчаного раствора в режиме гидроразрыва позволило снизить разность вертикальных перемещений в ключевых точках фундамента противопожарной ляды с 8 см до 0, а в ключевых точках фундамента вентилятора главного проветривания снизить среднее значение перемещений с 16,2 см до 7,9 см. Выполненные работы обеспечили повышение устойчивости сооружения вследствие устранения крена и стабилизации перемещений на краях фундаментной плиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сексембаев С. Т., Кобелева Н. Н., Никонов А. В. Особенности геодезического мониторинга при наблюдении за осадками зданий и сооружений объектов энергетики в период строительства // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2019. № 2 (1). С. 39–47.
2. Лазарев В. М. Разработка инженерных сооружений комплексного геомониторинга деформаций при активизации оползневых процессов на урбанизированных территориях // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2011. №2. С. 131–142.
3. Серегина О. В., Курячая Е. А. Геодезический мониторинг осадок оснований и фундаментов зданий и сооружений нефтегазоконденсатных месторождений // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2018. № 2 (30). С. 75–82.
4. Терешин А. А., Негурица Д. Л., Алексеев Г. В. Мониторинг деформаций здания геодезическими методами при реконструкции его фундамента // *Вестник РУДН, серия «Инженерные исследования»*. 2016. № 4. С. 84–90.
5. Уставич Г. А., Середович С. В., Сальников В. Г., Скрипников В. А. Геодезический мониторинг строительства жилого высотного здания // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2017. №1 (1). С. 93–99.
6. Кузнецов М. В. Контроль качества закрепленного массива при производстве работ по усилению основания // *Инженерный вестник Дона*. 2016. № 2 (41). С. 1–6.
7. Sokolov M., Karablin M. Prediction of the Geomechanical State of the Fixed Ground Basis of a Mining Building // *Civil and Environmental Engineering. E3S Web of Conferences*. 2019. 105:01036.
8. Nuzhdin M. L., Nuzhdin L. V. Strengthening of supporting ground of a damaged building by highpressure injection of a moving cement-sand mixture // *The South African Institution of Civil Engineering's Geotechnical Division*. 2019. 785–788.
9. Нуждин Л. В., Нуждин М. Л. Усиление грунтового основания вертикальным армированием и высоконапорным инъецированием // *Усиление оснований и фундаментов: Труды VIII Петрухинских чтений*. 2024. С. 47–103.
10. Баженова О. Ю., Алексеев В. А. Определение соответствия пригодности смесей на основе микроцементов в технологии цементации по методу инъекционной пропитки // *Инновации и инвестиции*. 2022. №12. С. 152–155.
11. Marian Drusa, Jozef Vlcek, Lucia Oriniva. The role of geotechnical monitoring at design of foundation structures

and their verification – part 1 // Civil and Environmental Engineering. 2016. № 12. Pp. 21–26.

12. Diana Ioana Morariu, Daniel Lepădatu. Geodetic monitoring of buildings in service stage and identification of structural degradation causes // Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. 2018. № 64 (68). Pp. 27–39.

13. Власов М.А., Герасимов О.В., Простов С.М. Особенности геологического строения грунтового основания установки главного проветривания строящейся шахты // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 2 (168). С. 5–21. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-2-5-21, EDN: AOMMIL

14. Власов М.А., Герасимов О.В., Простов С.М. Прогноз устойчивости грунтового основания горнотехнического сооружения с плитным фундаментом на основе объемной геомеханической модели // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 2 (168). С. 22–36. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-2-22-36, EDN: BCSAYR.

15. Власов М.А., Герасимов О.В., Простов С.М. Прогноз устойчивости грунтового основания горнотехнического сооружения со свайным фундаментом на основе объемной геомеханической

модели // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 3 (169). С. 5–17. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-3-5-17, EDN: UHRCCC

16. Шакиров И. Ф., Гарифуллин Д. Р. Исследование несущей способности и деформаций песчаных грунтов, укрепленных напорной цементацией // Известия КГАСУ. 2015. № 4 (34). С. 200–205.

17. Харченко А. И., Хозин В. Г., Харченко И. Я., Пискунов А. А. Применение геополимерных вяжущих для уплотнения и упрочнения грунтов в геотехническом строительстве // Эксперт: теория и практика. 2023. № 4 (23). С. 133–139.

18. Готман А. Л., Хурматуллин М. Н. Исследование работы свай, изготовленных методом струйной цементации в глинистых фунтах // Основания, фундаменты и механика фунтов. 2012. № 4. С. 16–19.

19. Мацегора А. Г., Осокин А. И., Ермолаев В. А. Инъекционное укрепление грунтов основания // Промышленное и гражданское строительство. 2006. № 7. С. 52–53.

20. Terceros Arce M, M. Terceros Arce, M. A. Terceros Herrera. The Use of an Expander Body with Full Displacement Piles in Medium-Dense Sandy Soils Mario // GeoChina. 2016. Pp. 142–151.

© 2025 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Власов Максим Алексеевич, аспирант, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: maxsdss@mail.ru

Герасимов Олег Васильевич, канд. техн. наук, генеральный директор, ООО «Нооцентр», (650056, Россия, г. Кемерово, ул. Ворошилова, 30), e-mail: gerasimov@noocentr.com

Простов Сергей Михайлович, докт. техн. наук, профессор, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: psm.kem@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Власов Максим Алексеевич – обзор литературы по теме исследования, разработка закрепления и компьютерной модели, сбор и анализ данных, написание текста.

Герасимов Олег Васильевич – постановка задачи и организация проведения инженерно-геологических изысканий.

Простов Сергей Михайлович – научный менеджмент, анализ данных, формулировка цели и выводов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

CORRECTION OF UNEVEN PRECIPITATION OF THE FOUNDATION OF THE SHAFT VENTILATION SYSTEM

Maksim A. Vlasov^{1*}, Oleg V. Gerasimov²,
Sergey M. Prostop¹

¹ T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

² ООО «Нооцентр»

* for correspondence: maxsdss@mail.ru



Article info

Abstract.

The results of controlling the displacements of two foundation slabs of a fire protection folding door and for the main ventilation fan of a mining facility are presented. Due to the presence of a weak bearing layer of bulk soil and

Received:
14 October 2024

Accepted for publication:
22 April 2025

Accepted:
30 June 2025

Published:
28 August 2025

Keywords: computer modeling,
mining engineering, forecast,
displacement, soil fixation,
calculation accuracy.

coal at the base of the foundation plate of a fire protection folding door deck, uneven increased precipitation occurred, which led to the appearance of a roll of the facilities. A technique for injection of the solution cement-sand mortar has been developed to prevent the difference the sediment of the foundation. Based on the results of quality control of the work performed, a graph of precipitation changes at two points of geodetic measurements is presented. The foundation plate of the main ventilation fan is located on an inhomogeneous ground base, which also contributes to the occurrence of deformations and uneven precipitation, in addition, the presence of massive equipment contributes to an increase in the edge pressure at the edges of the foundation plate. Based on the analysis, it was proposed to fix the soil base along the edges of the foundation plate and the outside of the structure. Geomechanical modeling was performed to assess the effectiveness of the fixing. The plans of geodetic monitoring objects before and after fixing for two foundation slabs and calculation schemes of the corresponding volumetric geomechanical models are presented. The discrepancies in the values of displacements obtained by methods of geodetic monitoring of the foundation of the fire protection folding door and geomechanical calculations, performed in the Plaxis 3D software package amounted to 0-33% for the natural state of the base, 3-50% for the fixed base, and 13.26% when comparing the values for 8 reference points. For the base of the main ventilation fan, the corresponding discrepancies were 1-9% and 0-13%, with an average value of 3.64% for 9 reference points. Thanks to the developed technique for managing the properties of the soil base, it was possible to stabilize the values of the foundation movements and prevent the roll of the foundation plate of the fire protection folding door. In addition, by fixing the base plate of the main ventilation fan, it was possible to reduce the pressure at the edges of the plate and stabilize the displacement values.

For citation: Vlasov M.A., Gerasimov O.V., Prostov S.M. Correction of uneven precipitation of the foundation of the shaft ventilation system. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2025; 4(170):5-17. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-4-5-17, EDN: IEIYQV

REFERENCES

1. Seksembaev S.T., Kobeleva N.N., Nikonov A.V. Osobennosti geodezicheskogo monitoringa pri nablyudenii za osadkami zdaniy i sooruzhenij ob"ektov energetiki v period stroitel'stva [Especially geodetic monitoring when surveillance of buildings and constructions of energy facilities during the construction period]. *Interesko Geo-Sibir' [Interexpo Geo-Siberia]*. 2019; 1(2):39–47.
2. Lazarev V.M. Razrabotka inzhenernyh sooruzhenij kompleksnogo geomonitoringa deformacij pri aktivizacii opolznevnyh processov na urbanizirovannyh territoriyah [Development of complex geomonitoring of engineering structures deformations during activation of landslide processes on the urbanized territories]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering]*. 2011; 2:131–142.
3. Seregina O.V., Kuryachaya E.A. Geodezicheskij monitoring osadok osnovanij i fundamentov zdaniy i sooruzhenij neftegazokondensatnyh mestorozhdenij [Geodesic monitoring of sediments of foundations and foundations of buildings and structures of oil and gas condensate fields]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Omsk State Agrarian University]*. 2018; 30(2):75–82.
4. Tereshin A.A., Negurica D.L., Alekseev G.V. monitoring deformacij zdaniya geodezicheskimi metodami pri rekonstrukcii ego fundamenta [Deformation monitoring of buildings surveying methods at reconstruction of its foundation]. *Vestnik RUDN, seriya Inzhenernye issledovaniya [Bulletin of the RUDN, a series of engineering studies]*. 2016; 4:84–90.
5. Ustavich G.A., Seredovich S.V., Sal'nikov V.G., Skripnikov V.A. Geodezicheskij monitoring stroitel'stva zhilogo vysotnogo zdaniya [Geodetic monitoring of construction of the residential high-rise building]. *Interesko Geo-Sibir' [Interexpo Geo-Siberia]*. 2017; 1(1):93–99.
6. Kuznecov M.V. Kontrol' kachestva zakreplennogo massiva pri proizvodstve rabot po usileniyu osnovaniya [Quality control of the fixed array during the work on strengthening the base]. *Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]*. 2016; 41(2):1–6.
7. Sokolov M., Karablin M. Prediction of the Geomechanical State of the Fixed Ground Basis of a Mining Building. *Civil and Environmental Engineering. E3S Web of Conferences*. 2019; 105:01036.
8. Nuzhdin M.L., Nuzhdin L.V. Strengthening of supporting ground of a damaged building by highpressure injection of a moving cement-sand mixture. *The South African Institution of Civil Engineering's Geotechnical Division*. 2019. Pp. 785–788.
9. Nuzhdin L.V., Nuzhdin M.L. Usilenie gruntovogo osnovaniya vertikal'nym armirovaniem i vysokonapornym in'ecirovaniem [Strengthening of the soil base by vertical reinforcement and high-pressure injection]. *Usilenie osnovanij i fundamentov: Trudy VIII Petruhinskih chtenij [Strengthening of foundations and foundations: Proceedings of the VIII Petrukhin readings]*. 2024. Pp. 47–103.

10. Bazhenova O.Yu., Alekseev V.A. Opredelenie sootvetstviya prigodnosti smesey na osnove mikro cementov v tekhnologii cementacii po metodu in"ekcionnoj propitki [Determination of the suitability of mixtures based on micro-cements in cementation technology by the injection impregnation method]. *Innovacii i investicii [Innovations and investments]*. 2016; 12:152–155.

11. Marian Drusa, Jozef Vleck, Lucia Oriniva. The role of geotechnical monitoring at design of foundation structures and their verification – part 1. *Civil and Environmental Engineering*. 2016; 12:21–26.

12. Diana Ioana Morariu, Daniel Lepădatu. Geodetic monitoring of buildings in service stage and identification of structural degradation causes. *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi*. 2018; 68(64):27–39.

13. Vlasov M.A., Gerasimov O.V., Prostov S.M. Features of the geological structure of the soil base of the installation of the main ventilation of the mine under construction. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta=Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2025; 2(168):5-21. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-2-5-21, EDN: AOMMIL

14. Vlasov M.A., Gerasimov O.V., Prostov S.M. Forecast of stability of the soil base of a mining facility with a slab foundation based on a volumetric geomechanical model. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta=Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2025; 2(168):22-36. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-2-22-36, EDN: BCSAYR

15. Vlasov M.A., Gerasimov O.V., Prostov S.M. Forecast of stability of the soil base of a mining facility with a pile foundation based on a volumetric geomechanical model. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo*

universiteta=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2025; 3(169):5-17. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-3-5-17, EDN: UHRCCC

16. Shakirov I.F., Garifullin D.R. Issledovanie nesushchej sposobnosti i deformacij peschanyh gruntov, ukreplennyh napornoj cementaciej [The research of bearing capacity and deformation of sandy ground, reinforced by pressure cementation]. *Izvestiya KGASU [KGASU News]*. 2024; 34(4):200–205.

17. Harchenko A.I., Hozin V.G., Harchenko I.YA., Piskunov A.A. Primenenie geopolimernykh vyazhushchih dlya uplotneniya i uprochneniya gruntov v geotekhnicheskom stroitel'stve [Application of geopolymer binders for compaction and hardening of soils in geotechnical construction]. *Ekspert: teoriya i praktika [Expert: theory and practice]*. 2023; 23(4):133–139.

18. Gotman A.L., Hurmatullin M.N. Issledovanie raboty svaj, izgotovlennykh metodom strujnoj cementacii v glinistykh funtah [Investigation of the work of piles made by the method of jet cementation in clay pounds]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika funtov [Foundations, foundations and mechanics of foundations]*. 2012; 4:16–19.

19. Macegora A.G., Osokin A.I., Ermolaev V. A. In"ekcionnoe ukreplenie gruntov osnovaniya [Injection strengthening of foundation soils]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil engineering]*. 2006; 7:52–53.

20. Terceros Arce M, M. Terceros Arce, M. A. Terceros Herrera. The Use of an Expander Body with Full Displacement Piles in Medium-Dense Sandy Soils Mario. *GeoChina*. 2016. Pp. 142–151.

© 2025 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Maksim A. Vlasov, postgraduate, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Vesennaya st., 28), e-mail: maxsdss@mail.ru

Oleg V. Gerasimov, C. Sc. in Engineering, general manager, ООО «Noocentr», (650056, Russia, Kemerovo, Voroshilov St, 30), e-mail: gerasimov@noocentr.com

Sergey M. Prostov, Dr. Sc. in Engineering, Professor, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Vesennaya st., 28), e-mail: psm.kem@mail.ru

Contribution of the authors:

Maksim A. Vlasov – a review of the literature on the research topic, the development of a fixing and computer model, data collection and analysis, writing a text.

Oleg V. Gerasimov – setting the task and organizing engineering and geological surveys.

Sergey M. Prostov – scientific management, data analysis, formulation of goals and conclusions.

All authors have read and approved the final manuscript.

